



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Helmut Wurzer et al.

Art Unit : Unknown

Serial No. : 09/882,289

Examiner : Unknown

Filed : June 15, 2001

Title : METHOD FOR FABRICATING A BARRIER LAYER

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT UNDER 35 USC §119

Applicants hereby confirm their claim of priority under 35 USC §119 from the following application(s):

German Application No. 10029658.0 filed June 16, 2000

A certified copy of the application from which priority is claimed is submitted herewith.

Please apply any charges or credits to Deposit Account No. 06-1050.

Respectfully submitted,

Date: September 13, 2001

Faustino A. Lichauco
Reg. No. 41,942

Fish & Richardson P.C.
225 Franklin Street
Boston, Massachusetts 02110-2804
Telephone: (617) 542-5070
Facsimile: (617) 542-8906

20313848.doc

CERTIFICATE OF MAILING BY FIRST CLASS MAIL

I hereby certify under 37 CFR §1.8(a) that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail with sufficient postage on the date indicated below and is addressed to the Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

September 13, 2001

Date of Deposit

Signature

Sean L. Avery

Typed or Printed Name of Person Signing Certificate



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 29 658.0

Anmeldetag: 16. Juni 2000

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG, München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung einer Barrierschicht

IPC: H 01 L 21/314

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Juli 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
im Auftrag

Agurks

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer Barrierschicht

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Barrierschicht, die sich insbesondere eignet für die Herstellung von mehrlagigen kapazitiven Strukturen, die sauerstoffreiche Metalloxidschichten mit hohen Dielektrizitätskonstanten auf-
10 weisen.

Bei MOSFET-Transistoren kann eine verbesserte kapazitive Steuerung des unter der Oxidschicht liegenden leitenden Kanals durch Reduzierung der Schichtdicke des Gate-Dielektrikums oder durch Verwendung von dielektrischen Materialien mit
15 hohen Dielektrizitätskonstanten erreicht werden.

Bei flüchtigen Speicherzellen, insbesondere dynamischen DRAM-Speicherzellen, wird mit zunehmender Miniaturisierung die Speicherkapazität der kapazitiven Speicherstrukturen verkleinert, so dass zum Ausgleich die Flächenkapazität bzw. die Kapazität pro Fläche vergrößert werden muss. Dies wird ebenfalls durch Verkleinerung der Dicke der dielektrischen Schicht oder durch Verwendung von dielektrischen Materialien
20 mit hohen Dielektrizitätskonstanten erreicht.

Gewisse Metalloxidschichten zeichnen sich durch besonders hohe Dielektrizitätskonstanten aus. Bekannte Metalloxide mit hohen Dielektrizitätskonstanten sind Titandioxid, Tantalpentoxid oder Aluminiumoxid. Derartige Metalloxide werden durch
30 Aufbringen einer Metallschicht und deren anschließende thermische Oxidierung hergestellt. Dabei wird das Metall, wie beispielsweise Titan, Tantal oder Aluminium, durch verschiedene Abscheideverfahren wie Sputtern, CVD-Verfahren oder MBE-
35 Verfahren abgeschieden und anschließend thermisch oxidiert.

Derartige Metalloxidschichten können jedoch nicht direkt auf dem Substrat aufgebracht werden, da bei der thermischen Oxidation der Metallschicht Metallionen in das Siliziumsubstrat eindringen und leitfähige Metallsilizidverbindungen bilden, die Kurzschlüsse hervorrufen können. Daher muss eine Barriere-
5 reschicht zwischen der aufgetragenen Metallschicht und dem Siliziumsubstrat vorhanden sein, bevor die Metallschicht zu der Metalloxidschicht oxidiert wird.

10 Bisher wurde als Barrierschicht eine Schicht aus Siliziumdioxid unterhalb der Metallschicht eingesetzt. Eine derartige Siliziumdioxid-Barrierschicht weist jedoch den Nachteil auf, dass beim Oxidieren der darüberliegenden Metallschicht die Siliziumdioxid-Barrierschicht in das Siliziumsubstrat hin-
15 einwächst und sich somit verbreitert. Durch die Verbreiterung der Siliziumdioxidschicht verringert sich die Kapazität der mehrlagigen kapazitiven Struktur, die aus der Metalloxidschicht und der darunterliegenden Siliziumdioxidschicht besteht, erheblich.

20 Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer sauerstoffundurchlässigen Barrierschicht zu schaffen, die die Ausbildung einer kapazitiven Struktur mit einem Metalloxid ohne Verunreinigung des
25 Substrates ermöglicht.

Die Erfindung schafft ein Verfahren zur Herstellung einer Barrierschicht mit den folgenden Schritten, nämlich
Oxidieren eines aus Silizium bestehenden Substrates zur Er-
30 zeugung eines Substratoxids an der Oberfläche des Substrates, Erzeugen einer sauerstoffundurchlässigen Schicht an der Grenzfläche zwischen der Substratoxidschicht und dem Substrat, wobei die sauerstoffundurchlässige Schicht als Barriere die Ausbildung von Metallsiliziumverbindungen zwischen
35 aufgetragenen Metall und dem Substratsilizium verhindert,

Ätzen der Substratoxidschicht, bis die darunterliegende sauerstoffundurchlässige Schicht freiliegt.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet den Vorteil, dass beim Aufwachsen einer Metalloxidschicht auf der Barrierschicht kein Sauerstoff durch die Barrierschicht hindurchdringen kann und somit keine unerwünschte, die Kapazität verkleinernde Siliziumdioxidschicht zwischen der Barrierschicht und dem Substrat entstehen kann.

Bei einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens wird die sauerstoffundurchlässige Schicht erzeugt, indem Stickstoffionen in das Substrat implantiert werden, wobei das Substrat derart oxidiert wird, dass sich eine Substratoxidschicht und eine darunterliegende Substrat-Stickstoffverbindung als sauerstoffundurchlässige Schicht bilden.

Bei einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die sauerstoffundurchlässige Schicht erzeugt, indem das an der Oberfläche des Substrates erzeugte Substratoxid einem stickstoffreichen Gas derart ausgesetzt wird, dass sich an der Grenzfläche zwischen dem Substratoxid und dem Substrat eine Substrat-Stickstoffverbindung als sauerstoffundurchlässige Schicht ausbildet.

Das Substratoxid wird dabei vorzugsweise einem reinen Stickstoffgas, einem NO-Gas, einem N_2O -Gas oder einem NH_3 -Gas ausgesetzt.

Die Substrat-Stickstoffverbindung besteht vorzugsweise aus reinem Siliziumnitrid.

Bei einer weiteren Ausführungsform besteht die Substrat-Stickstoffverbindung aus Siliziumoxynitrid.

Das Ätzen der Substratoxidschicht erfolgt bei einer ersten Ausführungsform durch nasschemisches Ätzen der Substratoxidschicht.

5

Bei einer weiteren Ausbildungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Ätzen der Substratoxidschicht in einem Trockenätzvorgang.

10 Im weiteren werden bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen zur Erläuterung erfindungswesentlicher Merkmale beschrieben.

15 Es zeigen:

Fig. 1a, 1b, 1c Prozessschritte einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Barrierschicht;

20

Fig. 2a, 2b, 2c Prozessschritte einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Barrierschicht;

25 Fig. 3a, 3b Prozessschritte zur Ausbildung einer mehrlagigen kapazitiven Struktur, die eine Metalloxidschicht mit hoher Dielektrizitätskonstante enthält.

30 Aus den Fig. 1a, 1b, 1c sind Prozessschritte zur Erläuterung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens entnehmbar.

Auf einem Siliziumsubstrat wird durch thermische Oxidation
35 oder Abscheidung eine Siliziumdioxidschicht 2 gebildet. An-

schließlich wird die ausgebildete Siliziumdioxidschicht 2 einem stickstoffreichen Gas ausgesetzt. Bei einem stickstoffreichen Gas handelt es sich vorzugsweise um reines Stickstoffgas bzw. N_2 -Gas. Alternativ dazu können NO-Gase, NO_2 -Gase, NH_3 -Gase oder ein Gasgemisch derartiger Verbindungen als stickstoffreiches Gas eingesetzt werden. Der Stickstoff verbindet sich mit den nicht abgesättigten Verbindungen an der Grenzfläche 3 zwischen dem Siliziumsubstrat 1 der Siliziumdioxidschicht 2.

An der Grenzfläche 3 entsteht so eine Substrat-Stickstoffverbindung 4, wie man aus der Fig. 1b ansehen kann. Die Substrat-Stickstoffverbindung besteht vorzugsweise aus reinem Siliziumnitrid. Alternativ dazu kann sich in Abhängigkeit von den Prozessparametern auch Siliziumoxynitrid als Substrat-Stickstoffverbindung bilden. Anschließend wird die Siliziumdioxidschicht 2 bzw. die Substratoxidschicht geätzt, bis die darunterliegende sauerstoffundurchlässige Schicht 4, welche aus Siliziumnitrid bzw. Siliziumoxynitrid besteht, freiliegt, und es ergibt sich die Struktur, wie sie in Fig. 1c dargestellt ist. Das Ätzen der Siliziumdioxidschicht 2 erfolgt entweder in einem nasschemischen Ätzprozess oder in einem Trockenätzvorgang.

Die Fig. 2a, 2b, 2c zeigen Prozessschritte einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Barrierschicht.

Dabei werden zunächst Stickstoffionen in das Substrat 1 zur Bildung einer Stickstoffionenverbindung in dem Substrat 1 implantiert. Die Stickstoffionen werden vorzugsweise mit einer Beschleunigungsenergie von 10 bis 20 keV in das Substrat implantiert. Die Verteilung der Stickstoffionen ist gaußförmig. Die Stickstoffionenverteilung wird in Fig. 2a mit dem Bezugszeichen 5 angedeutet.

Anschließend wird das Substrat derart oxidiert, dass sich eine Substratoxidschicht 2 und eine darunterliegende Substrat-Stickstoffverbindungsschicht 4 als sauerstoffundurchlässige Schicht bildet. Dabei reichert sich während der Oxidation Stickstoff an der Grenzfläche der ausgebildeten Substratoxidschicht 2 und dem Substrat 1 an. Die Schicht 4 enthält als Substrat-Stickstoffverbindung vorzugsweise Siliziumnitrid. Alternativ dazu kann die Substrat-Stickstoffverbindung auch durch Siliziumoxynitrid gebildet werden.

Anschließend wird das Substratoxid 2 bzw. Siliziumdioxid 2 mittels eines trocken- oder nasschemischen Ätzvorgangs entfernt, so dass sich die in Fig. 2c gezeigte Struktur ergibt.

Die durch das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren erzeugte Barrierschicht eignet sich hervorragend zur Ausbildung einer mehrschichtigen kapazitiven Struktur, welche eine Metalloxidschicht enthält.

Hierzu wird, wie in Fig. 3a gezeigt, die in den Fig. 1c, 2c entsprechend dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren erzeugte Struktur mit der Barrierschicht 4 mit einer Metallschicht 6 überzogen. Die Metallschicht 6 besteht vorzugsweise aus einem einfach zu oxidierenden Metall, dessen Metalloxid eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweist. Die Metallschicht 6 besteht dabei vorzugsweise aus abgeschiedenem Titan, Tantal oder Aluminium. Die Abscheidung der Metallschicht 6 kann durch Sputtern, einen CVD-Prozess oder einen MBE-Prozess erfolgen.

Die Metallschicht 6 wird anschließend thermisch oxidiert, so dass eine Metalloxidschicht 7 auf der Barrierschicht 4 erzeugt wird, wie man aus Fig. 3b erkennen kann. Dabei verhindert die Barrierschicht 4 eine chemische Verbindung des Me-

talls mit dem Siliziumsubstrat 1, so dass keine unerwünschten Metallsilizidverbindungen entstehen können. Gleichzeitig verhindert die Barriereschicht 4 ein Hindurchdringen von Sauerstoffatomen bei der Herstellung des sauerstoffreichen Metalloxids 7 in das Substrat 1, so dass keine störende Schicht aus Siliziumdioxid an der Grenzfläche 8 zwischen der Barriereschicht 4 und dem Substrat 1 entstehen kann.

Die in Fig. 3b gezeigte kapazitive Struktur, die mittels der hergestellten Barriereschicht 4 erzeugt wird, weist eine besonders hohe Flächenkapazität auf. Der Grund dafür liegt darin, dass einerseits die Metalloxidschicht 7 selbst eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweist und andererseits die gebildete Barriereschicht 4 aus Siliziumnitrid oder Siliziumoxynitrid besteht, die ebenfalls eine relativ hohe Dielektrizitätskonstante aufweisen.

Da sich unterhalb der gebildeten Barriereschicht 4 beim Aufwachsen der Metalloxidschicht 7 keine störende Siliziumdioxidschicht bilden kann, ist die Gesamtdicke der kapazitiven Struktur gering, wodurch die Flächenkapazität ebenfalls erhöht wird.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäß gebildeten Barriereschicht 4 besteht darin, dass die Bandlücke von Siliziumnitrid bzw. von Siliziumoxynitrid relativ hoch ist, so dass Tunnelströme durch die Barriereschicht 4 sehr gering sind. Dies ermöglicht es, die Barriereschicht 4 sehr dünn auszubilden, wodurch die Kapazität der in Fig. 3b gezeigten kapazitiven Struktur weiter erhöht wird.

Bei Anwendung der erfindungsgemäß gebildeten kapazitiven Struktur, wie sie in Fig. 3b gezeigt ist, zum Aufbau von Speicherzellen, führen die geringen Tunnelströme durch die Barriereschicht 4 aus Siliziumnitrid bzw.

Siliziumoxynitrid dazu, dass die Leckströme der Speicherzelle sehr gering sind und so Daten auch in flüchtigen Speicherzellen, beispielsweise DRAM, langfristig abspeicherbar sind.

- 5 Die im Herstellungsverfahren eingesetzte Siliziumdioxidschicht 2 wird nur für den Herstellungsvorgang benötigt. Die Siliziumdioxidschicht gestattet es, prozesstechnisch sehr kontrolliert eine darunterliegende Barrierschicht 4 mit minimaler Dicke zu erzeugen.

10

Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren ermöglicht es, dabei Metalloxidschichten mit sehr hohen Dielektrizitätskonstanten zu integrieren, ohne die hohen MOS-Reinheitsstandards zu verletzen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Barrierschicht mit den folgenden Schritten:

- 5 (a) Oxidieren eines aus Silizium bestehenden Substrates (1) zur Erzeugung eines Substratoxids (2) an der Oberfläche des Substrats (1);
- (b) Erzeugen einer sauerstoffundurchlässigen Schicht (4) an der Grenzfläche zwischen der Substratoxidschicht (2) und dem
- 10 Substrat (1), wobei die sauerstoffundurchlässige Schicht (4) als Barriere die Ausbildung von Metallsilizidverbindungen zwischen aufgebrachtem Metall und dem Substratsilizium verhindert;
- (c) Ätzen der Substratoxidschicht (2), bis die darunterliegende sauerstoffundurchlässige Schicht (4) freiliegt.
- 15

2. Verfahren nach Anspruch 1,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
- dass die sauerstoffundurchlässige Schicht (4) erzeugt wird,
- 20 indem Stickstoffionen in das Substrat (1) implantiert werden, wobei das Substrat (1) anschließend derart oxidiert wird, dass eine Substratoxidschicht (2) und eine sauerstoffundurchlässige Schicht (4), die aus einer Substrat-
- Stickstoffverbindung besteht, gebildet werden.
- 25

3. Verfahren nach Anspruch 1,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
- dass die sauerstoffundurchlässige Schicht (4) erzeugt wird, indem das an der Oberfläche des Substrates (1) erzeugte Sub-
- 30 stratoxid (2) einem stickstoffreichen Gas derart ausgesetzt wird, dass sich an der Grenzfläche (3) zwischen dem Substratoxid (2) und dem Substrat (1) eine sauerstoffundurchlässige Schicht (4) bildet, die aus einer Substrat-
- Stickstoffverbindung besteht.
- 35

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Substratoxid (2) einem N_2 -Gas, einem N_2O -Gas, einem
NO-Gas oder einem NH_3 ausgesetzt wird.

5

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Substrat-Stickstoffverbindung aus Siliziumnitrid be-
steht.

10

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Substrat-Stickstoffverbindung aus Siliziumoxynitrid
besteht.

15

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Ätzen der Substratoxidschicht in einem nasschemi-
schen Ätzvorgang oder in einem Trockenätzvorgang erfolgt.

Zusammenfassung

Verfahren zur Herstellung einer Barrierschicht mit den folgenden Schritten nämlich

- 5 Oxidieren eines aus Silizium bestehenden Substrates (1) zur Erzeugung eines Substratoxids (2) an der Oberfläche des Substrats (1);

10 Erzeugen einer sauerstoffundurchlässigen Schicht (4) an der Grenzfläche zwischen der Substratoxidschicht (2) und dem Substrat (1), wobei die sauerstoffundurchlässige Schicht (4) eine als Barriere die Ausbildung von Metallsilizidverbindungen zwischen aufgebrachtem Metall und dem Substratsilizium verhindert;

- 15 Ätzen der Substratoxidschicht (2), bis die darunterliegende sauerstoffundurchlässige Schicht (4) freiliegt.

Fig. 3b

Bezugszeichenliste

	1	Substrat
	2	Substratoxid
5	3	Grenzfläche
	4	Diffusionsbarriereschicht
	5	Ionenimplantationsverteilung
	6	Metallschicht
	7	Metalloxidschicht
10	8	Grenzfläche

FIG 1A

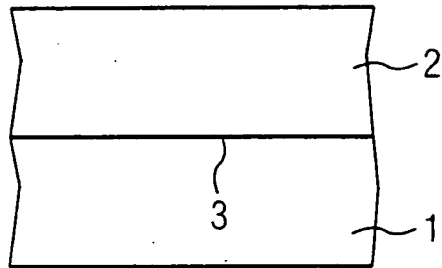


FIG 1B

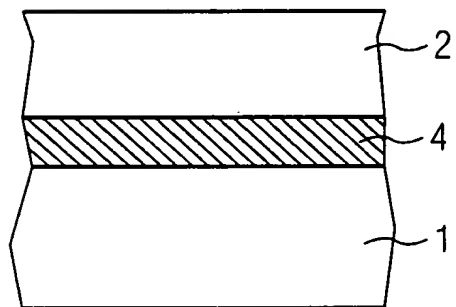


FIG 1C

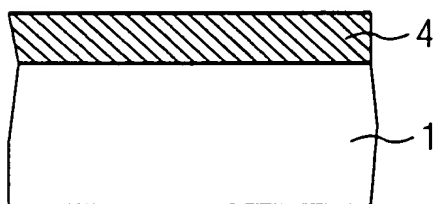


FIG 2A

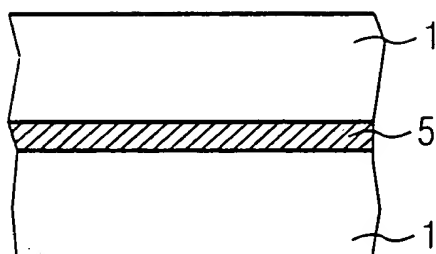


FIG 2B

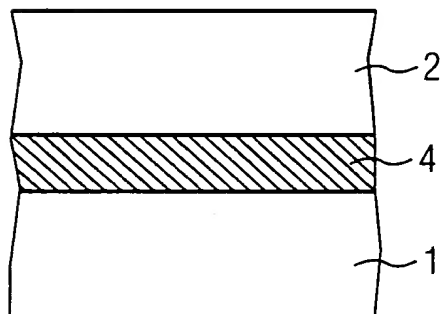


FIG 2C

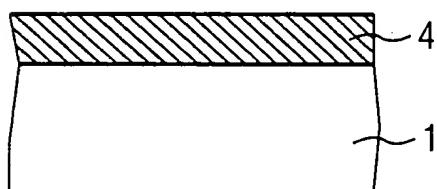


FIG 3A

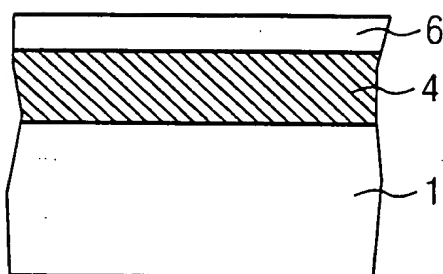


FIG 3B

